

L'EXERCICE PHYSIQUE et la RESPIRATION

THÈSE

présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Médecine Générale et Coloniale
et de Pharmacie de Marseille

LE 25 JUILLET 1941

PAR

SIMON FAGGIANELLI

Né le 16 Décembre 1909

Ex-Interne de l'Hopital de La Seyne

Diplômé d'Études Médicales Spéciales d'Éducation Physique

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Examineurs
de la Thèse

MM. les Professeurs ROVIEU
VIOLE
MALMÉJAC
PERIOT

IMPRIMERIE L. GUIRAN
86, Rue de Rome
MARSEILLE

1941

FACULTÉ MIXTE
DE
MEDECINE GENERALE ET COLONIALE ET DE PHARMACIE
DE MARSEILLE

L'EXERCICE PHYSIQUE et la RESPIRATION

THÈSE

présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Médecine Générale et Coloniale
et de Pharmacie de Marseille

LE 25 JUILLET 1941

PAR

SIMON FAGGIANELLI

Né le 16 Décembre 1909

Ex-Interne de l'Hopital de La Seyne

Diplômé d'Études Médicales Spéciales d'Éducation Physique

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Examineurs
de la Thèse

MM. les Professeurs ROMIEU
VIOLE
MALMÉJAC
PERIOT

IMPRIMERIE L. GUIRAN
86, Rue de Rome
MARSEILLE



PERSONNEL de la FACULTE MIXTE de MEDECINE GENERALE
et COLONIALE et de PHARMACIE de MARSEILLE

Doyen : Lucien CORNIL

Assesseur : A. CHEVALLIER

Doyen honoraire : L. IMBERT

Professeurs honoraires : MOITESSIER, CASSOUTE

Chargés de Cours honoraires : TIAN, BRUN

Secrétaire : J. COMTE

Bibliothécaire : M^{lle} GEORGE

Professeurs :

<i>Anatomie</i>	CORSY
<i>Anatomie pathologique et Pathologie expérimentale</i>	CORNIL
<i>Bactériologie</i>	ROUSLACROIX
<i>Chimie analytique et hydrologie</i>	RIMATTEI
<i>Chimie médicale</i>	ROCHE
<i>Clinique chirurgicale</i>	FIOLLE
<i>Clinique chirurgicale</i>	BOURDE
<i>Clinique exotique</i>	N***
<i>Clinique des maladies nerveuses</i>	ROGER
<i>Clinique médicale</i>	AUDIBERT
<i>Clinique médicale</i>	OLMER
<i>Clinique médicale</i>	MATTEI
<i>Clinique médicale infantile</i>	GIRAUD
<i>Clinique obstétricale</i>	VAYSSIÈRE
<i>Clinique ophtalmologique</i>	AUBARET
<i>Clinique Oto-Rhino-Laryngologique</i>	BREMOND
<i>Clinique urologique</i>	CHAUVIN
<i>Histoire naturelle</i>	GABRIEL
<i>Histologie</i>	ROMIEU
<i>Hygiène générale et coloniale</i>	VIOLLE
<i>Médecine légale</i>	MOSINGER
<i>Parasitologie</i>	JOYEUX
<i>Pathologie interne</i>	MONGES
<i>Pharmacodynamie et Matière médicale</i>	F. MERCIER
<i>Pharmacie</i>	VIGNOLJ
<i>Physiologie</i>	COTTE
<i>Physique</i>	CHEVALIER
<i>Thérapeutique</i>	GAUJOUX
<i>Stomatologie (Professeur sans chaire)</i>	BELTRAMI
<i>Physiologie (Professeur sans chaire)</i>	MALMEJAC

Chargé de Cours :

Clinique dermatologique VIGNE

Agrégés en exercice :

MM. JAYLE
PIERI
MOIROUD
CARCASSONNE
BERTHIER
POINSO

MM. DUBOULOZ
SAUTET
BALANSARD
BRAHIC
FIGARELLA

Chargés des fonctions d'agrégé :

Chimie médicale DERRIEN
Anatomie pathologique PAILLAS

Chargés de Cours complémentaires :

<i>Anatomie descriptive et topographique</i>	SALMON
<i>Chimie minérale</i>	ARNOUX
<i>Médecine du travail</i>	PERIOT
<i>Médecine opératoire</i>	DOR
<i>Microbiologie</i>	QUINTARET
<i>Obstétrique</i>	CHOSSON
<i>Pharmacie chimique</i>	DELPHAUT
<i>Pharmacodynamie et chimiothérapie</i>	DELPHAUT
<i>Psychiatrie</i>	ALLIEZ
<i>Toxicologie</i>	GUILLOT

A MA MÈRE

Faible témoignage de notre immense respect, de notre reconnaissance et de notre profonde affection.

A MON PÈRE

Dont les vertus demeureront un exemple pour toute notre vie.

A MA TANTE

Ma seconde mère.

A MA FEMME

Dont l'amour et le courage nous ont puissamment aidé depuis le premier jour.

A MES ENFANTS

A MES BEAUX-PARENTS

A TOUS CEUX QUE J'AIME

A MON AMI LE DOCTEUR TOUSSAINT GIORGI

Avec notre fraternelle affection.

A MON AMI LE DOCTEUR FÉLIX PANTALACCI

En souvenir de notre Internat et de
notre sincère amitié.

A TOUS MES AMIS

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR ROMIEU

*Professeur d'Histologie à la Faculté
Directeur de l'Institut Régional d'Education Physique
Correspondant de la Société de Biologie
Membre de l'Académie de Marseille
Chevalier de la Légion d'Honneur
Croix de Guerre
Croix du Combattant Volontaire*

En témoignage de notre reconnaissance
pour son précieux enseignement à la
Faculté et à l'Institut d'Education Phy-
sique.

Nous le remercions pour le grand
honneur qu'il nous a fait en acceptant
la Présidence de notre thèse.

A NOTRE JURY DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR VIOLLE

MONSIEUR LE PROFESSEUR MALMEJAC

A MONSIEUR LE DOCTEUR PERIOT

Médecin des Hôpitaux

Nous le remercions pour ses conseils
éclairés et pour ses leçons magistrales.

Qu'il veuille bien accepter ici l'expres-
sion de notre reconnaissance et de notre
admiration.

A NOS MAÎTRES DE L'HÔPITAL DE LA SEYNE
PENDANT NOTRE INTERNAT

A NOS MAÎTRES DES HÔPITAUX

A NOS MAÎTRES DE L'INSTITUT RÉGIONAL
D'ÉDUCATION PHYSIQUE

INTRODUCTION

L'exercice physique rentre aujourd'hui en grâce après avoir, pendant de trop nombreuses années, été considéré comme un fléau social. Je revois en disant cela ce bon maître d'école qui nous appelait « la génération du football », marquant ainsi son mépris pour tout ce qui touchait aux exercices du corps.

Les pouvoirs publics, forts d'une expérience que l'étranger a faite avant nous, ont compris l'utilité, la nécessité d'introduire dans les programmes scolaires des exercices aptes à développer notre jeunesse, qui ne demande qu'à se perfectionner, si on lui montre l'exemple.

Nous avons donc pensé que la médecine, science de la maladie, qui se complète chaque jour parce qu'elle est sollicitée pour la guérison du mal, est aussi la science de la santé. Le rôle du médecin consiste trop souvent, hélas, à repêcher ceux qui ont commis, tout au long de leur existence, des fautes difficilement pardonnables ; mais le médecin doit également conduire ceux qui lui sont confiés et dont il est gravement responsable, et c'est à lui qu'il appartient de leur déterminer la voie.

Ainsi, le médecin ne peut rester inactif et impassible dans la nouvelle charte de la santé. Seul le médecin connaît la physiologie des fonctions et leur pathologie, les conditions optima dans lesquelles nos appareils fonctionnent le mieux, les erreurs à éviter qui entraînent l'affaiblissement de l'être et la déchéance organique. Il doit saisir les profits que l'on peut tirer de l'exercice physique, puissant préven-

tif, mais aussi puissant curatif. Il sait que le muscle est un organe qui n'est pas seulement nécessaire dans le maintien des segments osseux et qui ne fonctionne pas seulement dans les efforts athlétiques du stade. Son atrophie, son hypertrophie provoquent en nous de graves désordres.

L'exercice physique pour le médecin n'est pas une fin, mais un moyen unique pour la conservation de la santé. Voilà pourquoi nous avons jugé bon de considérer, au chapitre de la physiologie de l'appareil respiratoire, les modifications fonctionnelles apportées par l'exercice — nous excusant par avance de la brièveté de notre travail que les circonstances nous ont obligés à écourter, à notre grand regret.

Rappelons en terminant cette brève introduction la parole d'Huxley. Ce philosophe comparait la vie à une partie d'échecs où notre adversaire est la nature, adversaire patient et sans pitié, ne nous pardonnant aucune faute, mais payant généreusement les bons joueurs. L'enjeu important de cette partie n'est que l'équation de nos diverses fonctions.

La santé, but à atteindre pour chacun de nous, l'est surtout pour le médecin, qui doit tracer la voie à ceux qu'il a le suprême honneur de conduire, et qui ignorent trop ce que la nature simple et juste exige d'eux.

PHYSIOLOGIE DE LA RESPIRATION

Pour simplifier, nous avons divisé notre ouvrage en deux parties.

Dans la première, nous exposons la physiologie normale de la respiration, envisageant tour à tour les phénomènes mécaniques et les phénomènes chimiques dont l'appareil pulmonaire est le siège.

Dans la deuxième partie nous examinons les modifications apportées à ces divers phénomènes par l'exercice physique — modifications passagères d'une part, durables de l'autre.

Enfin, nous dirons un mot sur la gymnastique respiratoire, sur ses effets et sur ses indications en thérapeutique.

CHAPITRE PREMIER

PHENOMENES MECANIKES

L'air absorbé dans le milieu extérieur pénètre par les voies aériennes supérieures, est canalisé dans la trachée, les bronches, les bronchioles qui débouchent dans les alvéoles pulmonaires, subdivisions du lobule. La paroi du lobule est tapissée d'un épithélium richement irrigué par des capillaires sanguins. Le poumon représente ainsi une surface où l'air absorbé dans le milieu extérieur est mis en contact avec le sang circulant dans les capillaires. La surface respiratoire s'étendrait ainsi sur 200 mètres carrés environ, la nappe sanguine occupant les trois-quarts, soit 150 mètres carrés. Environ un litre de sang circulerait dans le poumon, et l'on voit quelle énorme quantité de sang peut passer dans un temps donné, en raison de la vitesse de cette circulation pulmonaire.

Par quel mécanisme l'air est-il mis en rapport avec la surface pulmonaire ? L'air est alternativement aspiré dans le poumon par un mouvement d'ampliation et rejeté par un mouvement de constriction thoracique.

Les mouvements du thorax sont imprimés au tissu pulmonaire qui jouit de la double propriété d'élasticité et de contractilité.

Les fibres élastiques constituent en grande partie les parois alvéolaires et bronchiques.

La contractilité, mise en évidence par la réaction des tissus bronchiques au courant faradique, comme l'a montré Williams, est due aux muscles de Reisessen disposés annulairement autour des petites bronches.

L'inspiration se manifeste par la dilatation du thorax et l'aspiration de l'air dans le poumon.

Cette dilatation se fait suivant tous les diamètres.

Diamètre vertical.— Par l'abaissement du diaphragme dont les fibres s'insèrent sur tout le pourtour inférieur de la cage thoracique et rayonnent vers un centre tendineux, le centre phrénique, qui occupe le sommet du dôme représenté par ce muscle à convexité supérieure.

La contraction des fibres attire le centre phrénique, le diaphragme s'abaisse, joue le rôle d'un piston attirant le poumon vers le bas.

Le *diamètre antéro-postérieur*, vertébro-sternal, est accru par la projection du sternum en avant, provoquée par l'élévation des côtes qui, d'obliques dans la position du repos, deviennent horizontales dans l'inspiration.

La projection du sternum est plus grande dans sa partie inférieure en raison de la longueur des côtes qui s'y insèrent, et le sternum ne se déplace pas parallèlement à sa position initiale. Son point supérieur est à peu près fixe, et l'ensemble subit un mouvement de bascule avec progression plus nette à la partie inférieure.

Dans le sens transversal l'accroissement de volume est obtenu par l'élévation des côtes qui se portent en dehors en raison de l'action des muscles scalène, dentelé, surcostaux, agissant dans la respiration calme ; des pectoraux à insertion fixe sur le thorax, mobile sur le scapulum et

l'humérus dans l'inspiration forcée, à condition que leur insertion mobile devienne fixe.

Les muscles intercostaux agiraient de deux façons, les intercostaux externes élevant les côtes, les intercostaux internes les abaissant dans l'expiration.

Expiration. — Le thorax revenant sur lui-même se resserre et provoque l'expulsion de l'air hors des poumons.

Alors que l'inspiration est active et fait jouer les muscles respiratoires, l'expiration est passive dans la respiration calme ; elle n'est que le retour du poumon à la position d'équilibre entraînant avec lui le thorax grâce au vide pleural.

Les muscles n'interviennent que dans l'expiration forcée pour accélérer l'évacuation de l'air hors des poumons. Les muscles expirateurs entrant alors en jeu sont le carré des lombes, les abdominaux, grand oblique, petit oblique, transverse, grand droit.

La mesure de l'expansion thoracique nous est donnée par la thoracométrie faite au ruban métrique et donnant les chiffres de la circonférence thoracique en inspiration forcée et en expiration forcée.

Le rythme respiratoire, constitué par l'alternance des deux temps inspiratoire et expiratoire, est toujours le même pour un même individu, au repos, et ne varie que sous des influences telles que l'exercice physique ou pour des causes pathologiques que nous n'avons pas à envisager ici. La cadence de 16 mouvements respiratoires chez l'homme et de 18 chez la femme, par minute, représente le rythme respiratoire normal.

Le volume d'air contenu dans les poumons après une inspiration profonde et rejeté par une expiration forcée nous est donné par l'étude spirométrique.

Mesuré par l'appareil de Hutchinson ou de Verdin, il nous donne la capacité vitale pulmonaire, c'est-à-dire le volume d'air mis en mouvement par le jeu de l'inspiration et de l'expiration forcées.

Cette capacité varie suivant les dimensions du thorax, la taille de l'individu, elle est en moyenne de 3 litres 500, mais ne représente pas la totalité de l'air contenu dans le poumon, l'air résiduel ne pouvant en effet être expulsé par le simple jeu de l'expiration et représentant un volume de 1 litre 500.

Notons maintenant le coefficient de ventilation pulmonaire et qui est le rapport de la quantité d'air nouveau qui reste dans les poumons à la capacité vitale ; ce coefficient de ventilation pulmonaire représente environ le neuvième de la capacité vitale, indiquant qu'à chaque inspiration les poumons ne renouvellent qu'un neuvième de l'air qu'ils contiennent.

Le débit respiratoire ajoute la notion de temps à celle du volume et représente la vitesse du courant à travers l'orifice d'entrée, le sujet normal présentant un débit de 3 lit. 500 par seconde à l'inspiration et à l'expiration.

PHENOMENES CHIMIQUES

Les phénomènes chimiques réalisés dans l'intimité des tissus représentent la raison d'être, la substance des actes mécaniques. L'air absorbé par les poumons apporte à l'organisme l'oxygène nécessaire à sa vie et le poumon rejette les résidus provenant des combustions organiques.

Les échanges gazeux pulmonaires modifient le volume de l'air expiré qui paraît plus grand que celui de l'air inspiré en raison de sa dilatation par la chaleur. En réalité, privé de l'oxygène absorbé, son volume est moindre.

L'air exhalé est, par ailleurs, saturé de vapeur d'eau et son état hygrométrique nous renseigne sur la quantité d'eau éliminée par le poumon. Un homme adulte élimine en moyenne 500 grs d'eau par la respiration en 24 heures.

Les modifications chimiques subies par l'air atmosphérique constitué par 20,9 d'oxygène, de 79,1 d'azote pour 100 volumes, sont importantes. L'air expiré ne contient plus que 16 d'oxygène et 4 de CO^2 pour 100 volumes.

Cette valeur des échanges respiratoires constitue le quotient respiratoire représenté par le rapport $\frac{\text{CO}^2}{\text{O}^2}$.

Elle a été mesurée par Atwater et Bénédic en Amérique.

L'oxygène absorbé à l'état normal représente un volume de 23 litres par heure, le CO^2 exhale de 20 litres dans le même temps.

L'oxygène absorbé par le poumon que l'on ne retrouve qu'en faible quantité dans l'air expiré est passé dans les tissus. Le sang des capillaires pulmonaires s'est chargé de l'oxygène apporté par l'inspiration dans les lobules et le véhicule à travers l'organisme dans les tissus dont la vie n'est possible que par les échanges gazeux dont ils sont le siège.

Le sang veineux arrivé dans les capillaires du poumon est mis en présence de l'air alvéolaire, sur une surface de 200 mètres carrés environ, avons-nous dit. Les échanges gazeux se font à travers la fine paroi et suivant les lois de la diffusion des gaz. Le départ de l'acide carbonique véhiculé par le sang veineux et l'absorption par le sang de l'oxygène alvéolaire sont dus aux différences de tension de ces gaz dans l'air et dans le sang. De plus le départ de l'acide carbonique augmente le pouvoir fixateur du sang pour l'oxygène. Amené au contact des tissus l'oxygène du sang artériel y trouve son utilisation.

Le CO^2 exécute le trajet en sens inverse en raison également de la différence de tension des gaz et de la relation entre la libération du CO^2 et la fixation de l'oxygène. Les besoins des tissus provoqués par la variation de leur constitution chimique, produisent l'activité des échanges.

Mais ces transformations chimiques, ces actes mécaniques sont soumis à l'action déterminante du système nerveux. La respiration est un acte réflexe dont le centre sensitivo-moteur se trouve au niveau du bulbe rachidien et du tronçon médullaire sous-jacent. Le nerf phrénique relie ce centre au diaphragme, le pneumo-gastrique réalise la connexion entre le poumon et le bulbe. Le pneumo-gastrique transmet au centre les excitations périphériques quand le poumon revient sur lui-même lors de l'expiration.

le bulbe les transmet au nerf phrénique qui détermine l'action inspiratoire du diaphragme. Ainsi se succèdent les impressions périphériques et les réactions motrices.

Le cerveau peut, de son côté, déterminer des arrêts dans la fonction par le seul fait de la volonté, mais l'apnée volontaire ne peut durer guère plus de 2 minutes 30 secondes, après quoi le centre bulbaire, excité à nouveau par l'excès d'acide carbonique, détermine les mouvements respiratoires que les centres supérieurs ne peuvent réfréner. Le cerveau peut également provoquer l'accélération du rythme mais de façon passagère. Ce bref aperçu de l'action du système nerveux nous montre que, de toutes les fonctions de la vie végétative, la respiration est seule sous le contrôle partiel de la volonté, l'homme ne pouvant à son gré suspendre, même brièvement, les battements de son cœur ou les diverses phases de la digestion.

CHAPITRE DEUX

ACTION DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LA RESPIRATION

1. — Action sur les phénomènes mécaniques.

Nous aurons à considérer deux sortes de phénomènes dans le mécanisme respiratoire : des modifications passagères et des modifications durables.

Modifications passagères. — Prenons tout d'abord comme exemple un sujet qui n'a été soumis à aucune règle d'entraînement et qui vient d'accomplir une course de 800 mètres à cadence moyenne. Nous notons un rythme respiratoire accéléré qui, du chiffre de 16 inspirations, noté au repos, est passé au chiffre de 24 inspirations à la minute. Le sujet est *anhélant*, ses jambes se dérobent, il se sent légèrement obnubilé.

Si, par contre, nous demandons à un sujet parfaitement entraîné de parcourir la même distance à une cadence plus vive, nous notons après la course une augmentation à peine sensible du nombre des mouvements respiratoires. De 12 inspirations à la minute, le sujet est passé à 14 inspirations dans le même temps. Le retour au calme se fait rapidement, l'athlète entraîné chassant en quelques inspirations forcées l'excès de CO^2 formé dans le sang par un exercice de peu d'intensité le retour au calme chez le sujet

non entraîné examiné plus haut s'est effectué en 4 minutes.

Considérons maintenant un sujet entraîné à qui nous demandons de parcourir une distance plus longue, à une allure vive, et observons-le.

Tout d'abord nous constatons une légère diminution du rythme respiratoire au début de la course, le sujet tenant son souffle et cadencant sa respiration sur ses pas, adoptant par exemple le rythme de 3 foulées pour 3 inspirations consécutives et 3 foulées pour 3 expirations. Les 3 inspirations, séparées par un temps d'arrêt à peine perceptible, ainsi que les expirations.

La course se prolongeant, l'athlète accentuant son effort, l'élimination du CO^2 malgré le rythme cadencé est de moins en moins parfaite, son accumulation dans le sang excite le bulbe et détermine une accélération des mouvements respiratoires : le sujet atteint le premier degré de l'essoufflement.

L'exercice se prolonge-t-il, la compensation se fait-elle bien entre le CO^2 produit et le CO^2 éliminé par l'expiration, le sujet qui avait éprouvé une sensation de faiblesse dans les jambes, semble les retrouver. Son rythme est activé, mais il est subnormal, et l'athlète pourra le conserver longtemps encore, effectuant avec une certaine aisance ce qu'il ne pouvait plus réaliser qu'avec le concours de sa volonté ; cette deuxième période de bien-être, succédant au premier degré de l'essoufflement, constitue le second souffle.

Supposons maintenant que la compensation ne se fasse pas entre le CO^2 produit et le CO^2 éliminé par l'accélération du rythme respiratoire, l'athlète éprouve un malaise général, il manque d'air, des brouillards masquent sa vue, il est obnubilé ; l'acide carbonique en excès détermine un début d'intoxication.

Cette période est suivie d'une asphyxie noire avec perte de connaissance, insensibilité générale, respiration de Kussmaul, saccadée, entrecoupée d'arrêts, pouls filant et irrégulier

Tels sont les phénomènes graves respiratoires produits par la prolongation et l'intensité exagérées de l'exercice.

La ventilation pulmonaire, selon Amar, passerait de 7 litres à l'état de repos, à 21 litres par minute pendant l'exercice. Boigey, comme nous le verrons plus loin, note des chiffres de 43, 63, et même 98 litres par minute.

Ces phénomènes passagers importants s'accompagnent de *modifications durables* chez les individus parfaitement accoutumés aux exercices physiques et méthodiquement entraînés.

La fonction respiratoire s'accomplit chez ces sujets à la perfection. Les diamètres thoraciques sont accrus, la morphologie de la cage thoracique est typique ; l'athlète présente un pectus globuleux, le dos marqué de bosses et de dépressions répondant aux divers muscles sollicités dans les actes respiratoires intensifiés par l'exercice ; le sterno-cléido-mastoïdien saille sous la peau comme une corde tendue.

L'élément thoracométrique nous donne des dimensions considérables, le tour de poitrine dépassant largement le mètre.

L'élasticité pulmonaire mesurée par les chiffres extrêmes de l'expiration et de l'inspiration forcées nous donne une différence de 12 à 15 centimètres. La moyenne étant de 8 à 9 centimètres pour un homme normal.

La capacité vitale mesurée par la spirométrie nous montre des chiffres entre 5 et 6 litres, au lieu de 3,500 à 4 litres, chiffres moyens au spiromètre de Verdin.

Le rythme respiratoire dont nous avons vu les altérations passagères est modifié profondément. Les mouvements respiratoires de l'athlète au repos sont lents, vastes, intenses, profonds : le rythme est de 12 mouvements respiratoires par minute, au lieu de 16, chiffre de l'homme normal.

2. — Action sur les phénomènes chimiques.

Au repos, comme nous l'avons vu, les échanges tendent vers un minimum appelé dépense de fond ou métabolisme basal calculé en calories dans un temps donné pour un sujet en état de neutralité thermique et à jeun correspon-

CO^2
dant à un échange ———.
 O^2

environ 1600 calories par 24 heures au repos pour un adulte de 65 kilogrammes.

Pour une marche de 4.800 mètres en terrain plat, le sujet portant un poids de 25 kilogrammes, la dépense de fond s'accroît de 420 % dans l'expérience de Zuntz.

Le CO^2 émis pendant le travail permet de calculer la dépense physiologique, et, tenant compte de cette donnée, le professeur Waller déterminait la dépense physiologique chez des sujets employés au chargement et déchargement des navires.

Nous reportant ici à l'étude faite par le Docteur Boigey, sur la valeur de cette détermination, il nous paraît préférable de recourir à la recherche des échanges en mesurant à la fois la quantité d' O^2 absorbée et de CO^2 exhalée. La valeur des échanges respiratoires donne en effet une mesure précise de la dépense physiologique effectuée, alors

que la mesure seule du CO^2 émis est susceptible de provoquer des erreurs, cette valeur pouvant être modifiée par l'alimentation.

Nous citerons ici les chiffres donnés par le Docteur Boigey dans son « Manuel scientifique d'Education Physique ».

L'étude des échanges se fait de la façon suivante :

On mesure :

- 1° La ventilation pulmonaire (en litres et fractions de litres par minute) ;
- 2° L'absorption d'oxygène (en litres et fraction de litres par minute) ;
- 3° L'élimination du CO^2 (en litres et fractions de litres par minute) ;
- 4° La variation du quotient respiratoire.

L'appareil utilisé pour cette étude est l'eudiomètre de Boulitte.

L'étude du métabolisme pendant un exercice de marche et de course a donné les résultats suivants :

Pendant la marche normale la ventilation pulmonaire (VP) est de 8^l,600 par minute, l'oxygène absorbé s'élève à 0^l,269, la quantité de CO^2 émis à 0,180, le quotient respiratoire Q.R. = 0,66.

Pendant la marche rapide : V.P. = 22 litres, O^2 = 0^l,952, CO^2 = 0^l,712, Q.R. = 0,74.

Pendant le pas gymnastique : V.P. = 43 litres par minute, O^2 = 1^l,961 — CO^2 = 1^l,720, — Q.R. = 0,87.

Pendant la course de fond : V.P. = 63^l,600, — O^2 = 2,462, CO^2 = 2,520, — Q.R. = 1,02.

Pendant la course de vitesse : V.P. = 98^l, — O² = 3,172, CO² = 3,340, — Q.R. = 1,05.

Ainsi, les variations de l'oxygène absorbé et de l'acide carbonique émis sont parallèles à l'intensité du travail.

Mais ces variations indiquent aussi la « qualité de la machine musculaire », comme le dit Boiget. La quantité d'acide carbonique émis est plus grande pour un sujet non entraîné que pour un sujet entraîné. Celui-ci fait un travail plus économique en raison de l'adaptation de son organisme qui est parfaite mais aussi parce qu'il ne présente pas de surcharge graisseuse. En effet, le poumon joue un rôle important dans la fixation et la digestion des graisses.

Une partie des graisses de l'intestin passe par la veine porte et est véhiculée au foie, l'autre partie s'engage dans les chylifères, gagne la veine sous-clavière et est lancée dans la petite circulation. Cette constatation a permis au Professeur Roger de comparer le rôle du poumon à celui du foie. Le poumon, d'après Roger et Binet, fixerait les graisses. Ce pouvoir lipopexique est mis en évidence par le dosage simultané des matières grasses dans le sang du cœur droit et dans le sang artériel. La lipémie artérielle est en effet inférieure à celle du cœur droit, le poumon ayant fixé une partie des graisses qui le traversent.

Dans une autre expérience, Binet et Roger ont montré que si l'on conserve dans une étuve des fragments de tissus, on constate au bout d'un certain temps une baisse notable de leur teneur en graisses.

Les tissus qui fixent les graisses peuvent aussi les détruire. Cette action lipodliérétique est suractivée par les combustions respiratoires, et l'activité accrue des échanges dans l'exercice, provoque la destruction des lipides.

L'oxydation des graisses, favorisée par une adipolysine pulmonaire, mise en évidence par Mayer et Maurel, déterminerait la lipodirèse.

Ceci explique que les insuffisants respiratoires puissent devenir obèses, et que pour améliorer une obésité, il faut suractiver les combustions respiratoires.

L'élimination de l'eau par le poumon est accrue pendant l'exercice physique et passe de 500 grammes à 800 grammes et même davantage par 24 heures.

Nous allons voir dans le chapitre suivant ce que nous pouvons attendre de la gymnastique respiratoire et de ses effets sur la nutrition en général et sur la respiration en particulier.

CHAPITRE TROIS

LA GYMNASTIQUE RESPIRATOIRE

Nous avons vu quelles modifications apportait un exercice physique intense dans les combustions organiques et nous serions en droit d'attendre de la gymnastique spécialement appliquée à la respiration des effets bien plus importants que ceux qu'elle détermine.

Disons un mot sur son mode d'application, nous verrons ensuite quelles sont ses indications, ses contre-indications, pour terminer sur un aperçu de ses effets.

Basée sur le jeu des muscles inspireurs et expirateurs, la gymnastique respiratoire est le type de la gymnastique de chambre, constituée par des mouvements analytiques. Elle consiste en effet à exécuter des ampliations et des constrictions volontaires du thorax en mettant en jeu les muscles et le squelette affectés à la respiration : Elévation des bras au moment de l'inspiration, la tête droite, le corps droit. Le mouvement doit être effectué lentement, l'inspiration forcée et lente par la voie nasale, avec un léger arrêt à la fin de l'inspiration. L'expiration se fera en baissant les bras lentement le long du corps et en fléchissant la tête sur la poitrine, en comprimant le thorax par la contraction volontaire des muscles abdominaux. L'expiration sera aussi forcée que possible par la bouche entr'ouverte, et suivie d'une pause à laquelle succèdera une nouvelle inspiration lente.

Ce mouvement doit être répété un certain nombre de fois, variable avec les sujets, leur âge et leur résistance.

Quels effets détermine cette gymnastique sur la fonction respiratoire ? Certes, le fait de contrôler sa respiration est favorable à l'individu qui arrive à obtenir une certaine maîtrise de son rythme, une certaine tonicité de ses muscles respiratoires, une élasticité pulmonaire certainement accrue. Mais les effets généraux ne sont pas ce que l'on pourrait attendre, et sont généralement nuls.

L'exercice n'est un modificateur de la nutrition qu'à la condition de solliciter tous nos organes et le seul accomplissement d'inspirations et d'expirations forcées met un trop petit nombre de muscles en jeu pour déterminer une dépense physiologique appréciable.

Cette gymnastique sera utile, chez l'enfant pour remédier à une insuffisance exagérée, elle sera utile à l'athlète qui, après un effort intense, veut revenir à son rythme respiratoire normal, elle sera utile à l'individu que l'on veut mettre en état d'entraînement, resté longtemps inactif, et à qui l'on veut apprendre à respirer correctement. Elle sera d'un grand secours pour rétablir chez le malade une ventilation diminuée après une pneumopathie ayant entraîné une diminution de l'élasticité pulmonaire.

Elle sera interdite à tous les fébricitants, aux pulmonaires atteints de lésions évolutives, aux cardiaques décompensés.

En conclusion, elle pourra être utilement associée à la gymnastique générale pour assurer l'oxygénation et l'hématose parfaites par l'exécution de mouvements amples et profonds.

Mais son exécution ne pourra se faire parfaitement que s'il n'y a pas d'obstacle à l'inspiration, comme l'a signalé notre maître, M. le Professeur Romieu, dans son ouvrage sur « l'Insuffisance respiratoire d'origine nasale », publié dans le *Marseille Médical* du 5 juillet 1931.

CONCLUSION

L'étude, trop rapide à notre gré, de cette fonction primordiale, nous a permis de voir qu'elle ne pouvait être sollicitée utilement qu'en mettant en jeu notre organisme tout entier. Le poumon, s'il joue un rôle important pendant l'exercice physique, ne peut le faire qu'à la condition d'être servi par un cœur en parfait état. Les muscles eux-mêmes ne restent pas indifférents à toutes ces modifications, ni le système nerveux.

Ainsi il y a interdépendance complète entre tous les organes de notre corps, et si chacun joue particulièrement son rôle, il ne peut le remplir qu'à la condition d'être utilement secondé par tous les autres. Il n'est pas en fait de fonction qui domine, toutes les fonctions sont primordiales, mais chacune est tributaire des autres.

La fonction respiratoire est néanmoins celle qui nous a paru digne d'être particulièrement examinée, même brièvement. Elle fera l'objet, dans l'exercice physique, de soins tout particuliers, parce qu'elle est aisément contrôlable, parce qu'elle est perfectible, parce qu'elle est réglable. La dose d'exercice utile est connue au simple examen du rythme respiratoire de l'enfant qui joue, de l'adulte qui lutte.

Il faudra rechercher dans les jeux l'accroissement de la respiration, l'essoufflement léger qui est la « dose salubre de l'exercice », comme le dit Lagrange, et ne jamais en venir à l'asphyxie, à la perte de connaissance.

Il faudra, dans le contrôle médical, rechercher patiemment les insuffisants respiratoires, les guider sagement, si

l'on ne veut avoir de graves déconvenues. Les bien conseiller, ce sera les guérir.

Terminons en nous réjouissant de l'évolution nouvelle des idées en ce qui concerne l'éducation physique. Espérons que ce mouvement à peine ébauché prenne une belle extension et qu'il attire par sa force seule toute une jeunesse qui a besoin de conseils et d'enthousiasme.

Espérons également que l'Université fera une belle place dans ses programmes à la culture organique puisque, comme le disait Paul Valéry, « il ne faut pas que la raison soit la faculté de l'âme de ne rien comprendre à notre corps. »



SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Etre suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime. Respectueux et reconnaissant envers mes maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ! Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

BIBLIOGRAPHIE

- AMAR. — Organisation Physiologique du Travail. (Dunod édit., Paris.)
- HEDON. — Physiologie.
- D^r BOIGEY. — Manuel scientifique d'Education Physique
- LAGRANGE. — Physiologie des Exercices du Corps.
- D^r MARC-ROMIEU. — Insuffisance respiratoire d'origine nasale. et gymnastique respiratoire (*Marseille Médical*, 5 juillet 1931.)
- D^r Emile ANDRIEU. — Ventilation et échanges gazeux pulmonaires au cours de l'exercice musculaire prolongé.
- D^r Henri DIFFRE. — Education et Rééducation fonctionnelles de l'Enfant.
- D^r CHAILLEY-BERT. — Sur le second Souffle des Coureurs. (C. R. de l'Académie de Médecine.)
- DAUTREBAUDE. — Les Réactions respiratoires à l'Entraînement. (Travail Humain, III, 1^{er} mars 1935.)
- HALDANE. — Respiration. (New Haven. Yale University Press, 1922.)
- RICHARD. — La Respiration dans l'Exercice et le Sport. (Paris — A. Legrand.)
- KROGH et VINOHART. — The relative value of fat and carbonydrate as source of musculos every, witts appendices on the correlation beetwen standart metabolisme and the respiratory quotient during rest and work. (*Bioch. Journal*, 1920.)

